

Omar Ameir¹

**VYUŽITÍ OPTIMALIZAČNÍHO NÁSTROJE TEORIE OMEZENÍ PŘI PLÁNOVÁNÍ
A ŘÍZENÍ VÝSTAVBY**

**UTILISATION OF OPTIMIZATION TOOL OF THEORY OF CONSTRAINTS
BY PLANNING AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION**

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá plánovaním a riadením výstavby. Konkrétne častým nedokončováním realizace výstavby ve stanoveném termínu v sektoru veřejných stavebních investic. Důvodem, proč byla tato problematika rozpracována, je její aktuálnost.

Výše uvedený problém je v příspěvku řešen pomocí modifikovaného optimalizačního nástroje Teorie omezení. K ověření funkčnosti a aplikovatelnosti optimalizačního nástroje bude použita Metoda kritické cesty. Pro účely hodnocení ekonomických přínosů řešení pro stavební firmu dojde ke stanovení účelové funkce. Poté, na základě ověřovací části příspěvku a použití účelové funkce, může být určena časová a finanční úspora výstavby.

Principy tohoto řešení budou mít přínos pro oblast plánování a řízení stavebního projektu.

Klíčová slova

Plánování a řízení výstavby, řízení stavebního projektu, Teorie omezení, nejužší místo, kritická cesta.

Abstract

The article deals with planning and management of building. Tangibly deals with finalization of realization of building on public sector construction investment in the late deadlines. The reason for this article is the topicality of this issue.

The above mentioned matter is solved in this article by using a modified optimization tool of Theory of Constraints. For verified the functionality and applicability of optimization tool will be used critical path method. To the purpose of assessment the economic benefits of a solution for the construction company will formulate the objective function. Then, based on the verification of the article and the application of the objective function, will establish time and financial saving of building.

The principles of this solution will benefit for the management of the civil engineering contract.

Keywords

Planning and Management of Building, Management of Civil Engineering Contract, Theory of Constraints, Weakest Link, Critical Path.

¹ Ing. Omar Ameir, student kombinované formy doktorského studia oboru Systémové inženýrství a informatika na Ekonomické fakultě, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 986, e-mail: omar.ameir@vsb.cz.

1 ÚVOD

Východním bodem tohoto příspěvku je časté nedokončování realizace stavebních projektů veřejného sektoru ve stanovených termínech. Ve veřejném sektoru jsou posuny stanovených termínů dokončení výstavby významným problémem. K těmto posunům termínu dochází i přes skutečnost, že jsou časové rezervy přiřazovány na mnoho míst. Dochází tedy ve velké míře k neefektivní tvorbě časových rezerv a k neefektivnímu přiřazování časových rezerv, tedy k jejich plýtvání. Toto plýtvání je omezením, neboli úzkým místem firem [6].

Důvodů tohoto neefektivního přiřazování časových rezerv je více. Jedná se například o špatnou koordinaci zdrojů, multitasking, Studentský syndrom nebo Parkinsonův zákon.

Odborné publikace [4, 5, 9] i zkušenosti z praxe nabízí pro eliminaci těchto důvodů neefektivního přiřazování časových rezerv různé nástroje a metody. Tato opatření mají často psychologické aspekty, jako správnou motivaci pracovníků, nesdělení skutečné délky rezerv atd. S velice zajímavým opatřením přichází Teorie omezení, dále jen TOC. Jde o princip změny způsobu přiřazování časových plánů projektu, tedy o vyjímání rezerv jednotlivým činnostem a jejich vkládání na konec soustavy činností jako jednoho velkého nárazníku.

Je třeba poznamenat, že jsou v současné praxi nástroje TOC aplikovány především při řízení projektů výrobních firem. Ve firmách stavebních tento přístup není aplikován prakticky vůbec. Tato skutečnost vyplývá z rešerše odborné literatury [1, 2, 3, 6], výsledků průzkumu² [10], který se zabýval systematičností řízení rizik ve středně velkých stavebních firmách v České republice a ze zkušeností stavebních inženýrů.

Z důvodu tohoto malého povědomí o nástroji TOC a aktuálnosti problému se možnost aplikace tohoto nástroje při časovém plánování výstavby jeví jako vhodná.

Otázka tedy zní, je-li nástroj TOC pro řízení časových plánů projektu, při jeho modifikaci pro potřeby plánování a řízení projektu stavebního, aplikovatelný při realizaci výstavby.

Cílem příspěvku je tedy modifikace optimalizačního nástroje TOC pro potřeby plánování a řízení stavebního projektu a následné ověření možnosti jeho aplikace pro zvýšení pravděpodobnosti dokončení stavební zakázky ve stanoveném termínu a dosažení tak časové a finanční úspory výstavby.

Ověřování aplikovatelnosti nástroje bude probíhat pomocí Metody kritické cesty, tedy jedné z metod síťové analýzy.

2 PRINCIP OPTIMALIZAČNÍHO NÁSTROJE TEORIE OMEZENÍ

Princip navrhovaného nástroje pro optimalizaci časových plánů stavebního projektu spočívá ve změnách délek časových plánů činností projektu, tedy stavební zakázky. Konkrétně jde o vyjímání rezerv jednotlivým činnostem projektu a jejich následné vkládání na konec soustavy činností jako jedné velké rezervy neboli jednoho velkého nárazníku. Na základě zjištění z rešerše [1, 2, 3, 6] je doporučený poměr krácení časových plánů jednotlivých činností ke vkládání do nárazníku na závěr soustavy činností takový, při kterém se odebírá každé činnosti polovina jejího časového plánu a na konec soustavy činností se přidává polovina součtu odebraného času. Z toho vyplývá, že úspora je vždy minimálně čtvrtina původního času trvání projektu.

Při projektovém řízení stavebního projektu je proto zapotřebí:

- zjistit hodnotu A, která je rovna součtu všech hodnot, které budou jednotlivým činnostem odebrány, viz rovnice (1);

$$A = OP_1 + OP_2 + OP_3 + \dots + OP_n \Leftrightarrow A = O(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) \Leftrightarrow A = O \cdot Q \quad (1)$$

² Průzkum se v roce 2014 zabýval systematičností řízení rizik ve středně velkých stavebních firmách v České republice. Hodnocení stupně systematičnosti řízení rizik probíhalo na základě několika kritérií. Jedním z nich byla aplikace optimalizačního nástroje TOC. Výsledky průzkumu byly publikovány v článku [10], který byl součástí sborníku konference CER - International Scientific Conference for Ph.D. students of EU countries.

- odečíst každé činnosti 50% časového plánu, tedy odebrat zjištěnou hodnotu A od součtu časových plánů všech činností projektu, viz matematický zápis (2);

$$T_j^{(0)} = P_1 - OP_1; P_2 - OP_2; P_3 - OP_3; \dots; P_n - OP_n \Leftrightarrow T_j^{(0)} = Q - A \quad (2)$$

- přičíst hodnotu $\frac{1}{4}Q$ na konec soustavy činností, viz matematický zápis (3).

$$T_j^{(1)} = P_1 - OP_1; P_2 - OP_2; P_3 - OP_3; \dots; P_n - OP_n + RQ \Leftrightarrow T_j^{(1)} = T_j^{(0)} + RQ \quad (3)$$

kde

$T_j^{(0)}$ – je nový nejdříve možný termín aktivace koncového uzlu projektu,

$T_j^{(1)}$ – nový nejpozději přípustný termín aktivace koncového uzlu projektu,

P – činnost řetězce s daným časovým plánem,

P_n – činnost řetězce projektového grafu,

A – součet hodnot odebraného času všech činností,

O – zlomek, který určuje poměr hodnoty P , který se činnosti P odebírání (na základě doporučení TOC se jedná o hodnotu $\frac{1}{2}$),

Q – součet časových plánů všech činností projektu ($Q = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$),

R – zlomek, který určuje poměr hodnoty Q přiřazené na konec projektu, (na základě doporučení TOC se jedná o hodnotu $\frac{1}{4}$).

V úvodní kapitole příspěvku bylo uvedeno, že je nutné nástroj TOC pro řízení časových plánů projektu modifikovat tak, aby byl aplikovatelný při řízení stavebního projektu. Jeho modifikace spočívá především v těchto třech bodech:

- zjištění dvou forem aplikace optimalizačního nástroje TOC a jejich následné ověření,
- stanovení účelové funkce pro určování ekonomického dopadu nástroje TOC,
- vymezení podmínek jeho aplikace souvisejících s realizací výstavby.

Pro potřeby příspěvku budou popsány pouze první dva z výše uvedených bodů. Při aplikaci optimalizačního nástroje bude ověřována pouze ta forma, která vyjde pro řešení konkrétního příkladu jako vhodná.

3 DVĚ FORMY APLIKACE OPTIMALIZAČNÍHO NÁSTROJE TEORIE OMEZENÍ

V této části příspěvku dojde k vysvětlení dvou navržených forem, neboli způsobů, jak aplikovat nástroj pro optimalizaci časových plánů projektu. Při ověřování funkčnosti modelu totiž došlo ke zjištění, že jej lze skutečně aplikovat dvěma formami. První je založena na principu, kdy jsou časové plány o polovinu sníženy pouze těm činnostem, které jsou součástí kritické cesty projektu. Druhá spočívá v tom, že jsou časové plány o polovinu sníženy všem činnostem projektu.

Rozdílem těchto dvou forem aplikace nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu je tedy skutečnost, že první z nich méně zasahuje do zadání projektu, nicméně více zmenšuje hodnoty celkových rezerv činností ležících na nekritické cestě. K tomuto zmenšení dochází vždy, protože na jejich úkor vznikají celkové rezervy u činností ležících na kritické cestě, a tedy k odkritičnění kritické cesty. Důležitým momentem ovšem je, jak moc k tomuto zmenšení hodnot celkových rezerv nekritických činností dojde.

Obecně řečeno, dojde-li k takovému snížení, že se z původně nekritických činností nestávají činnosti kritické, může se považovat tato situace za únosnou, a optimalizační nástroj může být tedy aplikován první formou. Pokud se ovšem hodnoty celkových časových rezerv sníží natolik, že se z

nekritických činností stanou činnosti kritické, bude zapotřebí aplikovat nástroj pro optimalizaci časových plánů projektu pomocí druhé formy.

Jestliže je požadován co nejmenší zásah do zadávací tabulky projektu, je třeba poznamenat, že je tato snaha hlavním důvodem, proč vznikla první forma aplikace nástroje. Tím, že odebírá polovinu hodnot časového plánu pouze činnostem ležícím na kritické cestě a ostatním činnostem ne, představuje nutnost menších změn.

Pokud by docházelo k aplikaci optimalizačního nástroje pouze druhou formou, byl by celý postup snadnější, protože by se zamezilo kroku, při kterém se zjišťuje, jestli má první formu aplikace nástroje smysl realizovat. Nicméně by docházelo k větším změnám v zadání projektů pokaždé, i když by to nebylo nezbytně nutné.

To, zdali se při odebrání poloviny hodnot časových plánů pouze u činností ležících na kritické cestě projeví tak, že se celkové rezervy ostatních činností změní na nulové, je dáno mnoha okolnostmi souvisejícími s průběhem činností stavebního projektu. Vysvětlení těchto faktorů a jejich souvislostí nemůže být z kapacitních důvodů předmětem tohoto příspěvku.

Tato situace, tedy zda nekritickým činnostem po odebrání poloviny časových plánů již hrozí zkritičnění, je dána konkrétním momentem, hodnotou, neboli jakýmsi „bodem zvratu“. Při aplikaci tohoto optimalizačního nástroje pro efektivní přiřazování časových plánů projektu je proto vždy nutné nalézt hodnotu tohoto „bodu zvratu“.

Takto vymezenou hodnotu můžeme interpretovat jako neznámou X , přičemž výpočet hodnoty neznámé X je uveden ve vzorci (4), viz níže.

$$X = C - (A - D) \quad (4)$$

kde:

C – je hodnota nejmenší nenulové celkové rezervy v grafu (klíčová hodnota),

A – hodnota odebraných časových plánů činností kritické cesty (50% původního časového plánu každé činnosti),

D – je hodnota odebraných časových plánů činností, které jsou pro obě cesty, tedy pro kritickou cestu i cestu nekritickou, na níž se vyskytuje nejmenší nenulová celková rezerva, společné.

Jestliže je hodnota neznámé X kladné číslo, znamená to, že je možné aplikovat optimalizační nástroj první formou. Pokud není hodnota neznámé X kladné číslo, neznamená to automaticky, že je optimalizační nástroj nutno aplikovat druhou formou, ale může k této skutečnosti dojít. Takový případ, tedy nekladný výsledek neznámé X , totiž vznikl proto, že nejmenší nenulová celková rezerva nebyla natolik velká, aby zabránila tomu, že cesta, na níž činnosti s touto nejmenší celkovou rezervou leží, neměli hodnotu nejdříve možného termínu konce pozdější, než kritická cesta, jejímž činnostem byla odebrána polovina časových plánů, a byla tím tedy odkritičněna.

Pokud k výše uvedené situaci dojde (neznámá X není kladným číslem), je nutné nalézt hodnotu, která udává, jestli je hodnota nejmenší celkové rezervy natolik malá, že nejdříve možné termíny konců činností, které tuto nejmenší celkovou rezervu mají, jsou větší, než hodnota nejpozději přípustného termínu konce projektu³. Takto definovanou hodnotu interpretujeme jako neznámou Y , přičemž její výpočet je popsán níže ve vzorci (5).

$$Y = X + RQ + B \quad (5)$$

kde:

R – je zlomek, který určuje poměr hodnoty Q přiřazené na konec projektu, přesněji řečeno hodnotu přidanou k času nejpozději přípustného termínu konce projektu jako nárazník (na základě doporučení TOC, ve vztahu ke Q , se jedná o hodnotu $\frac{1}{4}$),

³ Pokud by k této situaci došlo, bylo by skutečně nutné aplikovat optimalizační nástroj druhou formou.

B – hodnota odebraných předchozích společných časových plánů, tedy čas, který byl odebrán, než se kritická cesta a cesta s nejmenší nenulovou hodnotou celkové časové rezervy oddělily.

Matematicky lze tedy postup zjištění, zdali je možné aplikovat optimalizační nástroj první formou, nebo je nutné jej aplikovat formou druhou, popsat takto:

$$X = C - (A - D) \quad (6)$$

$$\text{aplikace první formou} \Leftrightarrow X > 0 \quad (7)$$

$$Y = X + RA + B \Leftrightarrow X \leq 0 \quad (8)$$

$$\text{aplikace první formou} \Leftrightarrow Y > 0 \quad (9)$$

$$\text{aplikace druhou formou} \Leftrightarrow Y \leq 0 \quad (10)$$

Na závěr kapitoly je třeba poznamenat, že veškeré rovnice v ní uvedené jsou původní, tedy vlastní tvorbou autora.

4 STANOVENÍ ÚČELOVÉ FUNKCE

Jádrem účelové funkce, tedy ekonomického zhodnocení přínosů, bude ocenění nákladových faktorů stavebního projektu. Nejprve bude nutné tyto nákladové faktory definovat. Důvodem, proč pro ekonomické zhodnocení nestačí kalkulovat pouze s náklady jednotlivých činností, ale je zapotřebí vyspecifikovat vybrané průřezové nákladové faktory, je samotný princip nástroje pro optimalizaci časových plánů. Ten je totiž schopen zrealizovat časovou úsporu projektu jako celku, tedy ne jednotlivých činností⁴. Přesněji řečeno je založen na zkracování nikoli jednotlivých činností, ale jejich časových plánů. Jestli se daná činnost skutečně zkrátí, není jisté. Činnost být zkrácena aplikací optimalizačního nástroje může, a nemusí. Před samotnou realizací stavebního projektu ale není vždy v silách managementu odhadnout, které činnosti se zkrátí, a které ne. Navíc je důležité poznamenat, že neexistuje přímá úměrnost mezi zkrácením dané činnosti a snížením nákladů na její realizaci. Náklady na realizaci činnosti, jejíž časový průběh se zkrátí, se mohou snížit, zůstat stejné, nebo naopak dokonce zvýšit. Navíc, pokud se skutečně zkrátí, tak pokaždé v jiném poměru. Z těchto výše popsaných důvodů není možné při ekonomickém hodnocení optimalizačního opatření vycházet z nákladových položek vázaných na jednotlivé činnosti stavebního projektu, ale je nutné vyspecifikovat průřezové nákladové faktory, které nebudou spjaty pouze s jednotlivými konkrétními činnostmi.

Při samotné specifikaci stavebních projektových nákladů, které byly při ekonomickém hodnocení přínosů optimalizačního nástroje brány v potaz, bylo třeba respektovat základní podmínku, nebo spíše omezení, kterým byla skutečnost, že směrodatné byly pouze ty náklady, které byly ovlivnitelné posunem času.

Takové omezení pro výběr nákladových faktorů se týká skutečnosti, že některých nákladových položek se změna termínu konce projektu nedotkne, čili jsou vůči této změně rezistentní.

Příkladem může být množství cementu potřebného pro výstavbu budovy. Jestli bude samotná výstavba trvat 100 dní, nebo pouze 85 dní, bude jej na vytvoření základů a betonové obalové konstrukce budovy zapotřebí stejné množství. Takovéto nákladové položky nemůžou být při hodnocení ekonomických přínosů nástroje brány v potaz.

Nákladové faktory stavebních faktorů lze rozdělit následovně [8]:

- projektové náklady řádné (přímé a nepřímé),

⁴ Celý koncept nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu je založen na myšlence, že původní rozdělení časových rezerv činnostem není odpovídající a především, že v případě, že je rezerva vyšší, než je potřeba, stejně ji pracovníci využijí bezezbytku. Využitý čas těchto nadbytečných rezerv tvoří časovou úsporu projektu. Proto platí, že časové průběhy těch činností, které měly časové rezervy menší, než bylo zapotřebí, se reálně nezkrátí. Časové průběhy těch činností, jejichž původní hodnoty časových rezerv byly větší, než bylo potřeba, se zkrátit budou muset.

- projektové náklady mimořádné neboli claimové náklady (dodatečně požadované platby za posunutí termínu konce projektu).

Pro potřeby vymezení nákladových faktorů ovlivnitelných nástrojem pro optimalizaci časových plánů projektu jsou důležité především řádné projektové náklady přímé. Nepřímé náklady nejsou ze své podstaty, kdy se jedná o společné náklady všech projektů jedné organizace, a nelze je tedy přiřadit jednomu konkrétnímu projektu, pro potřeby ekonomického zhodnocení přinášejí optimalizační nástroj směřovatelné. Mimořádné, někdy se také užívá termín claimové, náklady jsou naopak s optimalizačním nástrojem spjaté výrazně, protože se jedná o náklady, které jsou po organizaci požadovány za dodatečně odvedenou práci, která nebyla v původní smlouvě dohodnuta, respektive za dodatečnou práci způsobenou prodloužením doby realizace projektu.

Na základě řešerše [7, 8] s přihlédnutím k výše uvedeným omezujícím podmínkám, může být sestaven seznam nákladových faktorů stavebních projektů ovlivnitelných nástrojem pro optimalizaci časových plánů projektu⁵, které jsou proto vhodné pro ekonomické zhodnocení přínosů tohoto nástroje. Jsou jimi náklady na:

- pracovníky, především osobní náklady (mzdy, zdravotní a sociální zabezpečení),
- cestovné pracovníků (jízdné zůstává stejné⁶, snižují se ale náklady na stravné, ubytování atd.),
- zařízení stavenišť,
- pronájem služeb, které jsou potřebné pro celou dobu realizace projektu,
- pronájem hmotného majetku, který je potřebný pro celou dobu realizace projektu,
- pronájem nehmotného majetku, který je potřebný pro celou dobu realizace projektu.

Obecně lze finanční úsporu (FÚ) dosaženou pomocí aplikace nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu popsat pomocí vzorce (11):

$$FÚ = U(E - 0,1E) \quad (11)$$

kde:

U – je časová úspora (vzhledem k předpokladu úplného vyčerpání nárazníku, bude očekávaná hodnota této úspory 25%, tedy $\frac{1}{4}$), kterou je možno popsat pomocí vzorce (12):

$$U = \frac{\frac{Q - T_j^{(1)}}{Q}}{\frac{100}{100}} \quad (12)$$

E – množina nákladových položek, které jsou ovlivnitelné časovým posunem termínu dokončení projektu, a které odpovídají danému projektu.

Od vymezených nákladových faktorů je třeba odečíst nepřímé, režijní náklady, jejichž hodnota bývá v průměru rovna přibližně 10 % [9]. Celou výslednou hodnotu je zapotřebí vynásobit časovou úsporou U , tedy 25% neboli hodnotou 0,25, což je teoreticky stanovená, pesimistická, ale nejvíce pravděpodobná hodnota časové úspory realizace projektu při aplikaci nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu.

Výše uvedený matematický zápis finanční úspory představuje účelovou funkci nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu.

Na závěr kapitoly je opět vhodné uvést, že veškeré v ní popsané rovnice jsou původní, tedy vlastní tvorbou autora.

⁵ Nákladové faktory ovlivnitelné optimalizačním nástrojem jsou tímto automaticky ovlivnitelné časovým posunem termínu dokončení projektu.

⁶ Případné zkrácení doby realizace projektu neznamená, že by se musel nutně snížit počet služebních a pracovních cest.

5 APLIKACE OPTIMALIZAČNÍHO NÁSTROJE TEORIE OMEZENÍ

Ověření funkčnosti nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu bude probíhat pomocí metody síťové analýzy. Konkrétně bude použita metoda CPM, tedy metoda kritické cesty.

5.1 Zadání příkladu

Řešeným stavebním projektem bude výstavba rodinného domu v přibližné ceně 3 500 000 Kč. Projekt je dán zadávací tabulkou, viz níže tabulka 1.

Tab. 1: Zadávací tabulka řešeného příkladu

Označení činnosti	Název činnosti	Bezprostřední následovník	Časové nároky (den)
A	Rozhodnutí o výstavbě	B, C, E, F	10
B	Administrativní úkony	D	20
C	Výroba střešní krytiny	L	20
D	Základy	I, N	4
E	Zajištění vodovodních a energetických inženýrských sítí	M	5
F	Příprava materiálu na obvodové a nosné zdivo	G	30
G	Hydroizolace spodní stavby, zásypy, izolační přizdívka	H	20
H	Dokončení spodní stavby	Q	30
I	Obvodové a nosné zdivo 1PP	J	70
J	Strop 1PP + věnce	K	40
K	Obvodové a nosné zdivo 1NP	L	20
L	Strop 1NP + věnce (včetně dokončení zastřešení)	Q	30
M	Elektroinstalace a vodoinstalace	Q	30
N	Osazování oken a zárubní + klempířské práce	O	10
O	Vnitřní omítky	P	10
P	Vnější omítky	-	5
Q	Úklidové a dokončovací práce	-	10

5.2 Řešení klasickým přístupem

Určení časové náročnosti projektu, tedy zjištění nejdříve možných a nejpozději přípustných termínů projektu, proběhlo na základě dosazení časových nároků, viz tabulka 1, do síťového grafu a následnými výpočty aplikovanými pomocí metody CPM.

Na základě aplikace metody CPM byly tedy určeny nejdříve možné a nejpozději přípustné dílčí termíny výstavby. Ty pro potřeby tohoto příspěvku nejsou důležité, a proto zde nebudou uvedeny. Významný je nejdříve možný termín ukončení celé výstavby, který je roven hodnotě 204 dnů.

5.3 Zjištění formy aplikace optimalizačního nástroje

V této fázi ověřování aplikovatelnosti navrženého optimalizačního nástroje dojde nejprve k aplikaci rovnic (1), (2) a (3). Dle doporučení TOC bude $O = \frac{1}{2}$ a $R = \frac{1}{4}$. Jak bylo uvedeno v předchozím odstavci, jako nejdříve možný termín ukončení celé výstavby bude do rovnic dosazena hodnota 204.

Hodnota $T_j^{(0)}$, tedy nový nejdříve možný termín konce projektu, je rovna 102 dní. Hodnota $T_j^{(1)}$, tedy nový nejpozději přípustný termín konce projektu, je rovna 153 dní.

Vzhledem ke skutečnosti, že hodnota $T_j^{(0)}$ je menší, než hodnota $T_j^{(1)}$, je evidentní, že druhou formu aplikace optimalizačního nástroje nebude zapotřebí použít, čili že první forma aplikace je realizovatelná.

Pro praktické využití je výpočet hodnot X a Y nepotřebný. Pro vysvětlení principu navrhovaného optimalizačního nástroje a odůvodnění volby první formy jeho aplikace však hodnoty X a Y vypočítány budou.

Než k tomu dojde, bude dobré připomenout si dvě tvrzení, která byla v souvislosti s podmínkami hodnot X a Y vyřčena. Jsou jimi vztahy (7) a (9).

Vzhledem ke skutečnosti, že v ověřovacím stavebním projektu vyšla podmínka $T_j^{(1)} > T_j^{(0)}$ je evidentní, že může být optimalizační nástroj aplikován první formou. Z výše uvedených podmínek tedy vyplývá, že hodnoty neznámých X i Y musí vyjít >0 . Při výpočtu hodnot X a Y , bude postupováno tak, jak bylo uvedeno v kapitole 3. Prvním krokem je tedy určení neznámé X , která se vypočítá dle rovnice (6),

kde:

C – nejmenší nenulová hodnota celkové rezervy v grafu, je rovna 104;

A – hodnota odebraných časových plánů činností kritické cesty, je rovna 102 (stejně jako $T_j^{(0)}$, což je potvrzení principu uvedeného v kapitole 3);

D – hodnota odebraných časových plánů činností, které jsou pro obě cesty, tedy pro kritickou cestu i pro cestu nekritickou s nejmenší nenulovou celkovou rezervou, společné, je rovna 10.

Po dosazení do rovnice (6):

$$X = 104 - (102 - 10)$$

$$X = 104 - 92$$

$$X = 12 \text{ dní}$$

Protože je $X > 0$, nemusí dojít na druhou formu aplikace optimalizačního nástroje.

Pro další ověřovací záměry bude ovšem vypočítána i hodnota Y . Použit bude dříve uvedený vzorec pro výpočet této neznámé, viz (5). B, tedy hodnota odebraných předchozích společných časových plánů, tedy odebraný čas, než se kritická cesta a cesta s nejmenší nenulovou celkovou časovou rezervou oddělily, je rovno 5 (odebraná hodnota činnosti A). Po dosazení do výše uvedeného vzorce (5):

$$Y = 12 + \frac{1}{2} 102 + 5$$

$$Y = 12 + 51 + 5$$

$$Y = 68 \text{ dní } (Y > 0)$$

Dochází tedy k potvrzení všech výše vyřčených tvrzení.

5.4 Realizace pomocí zjištěné formy aplikace optimalizačního nástroje

Na základě skutečnosti, že jsou hodnoty X i Y kladné je možné stanovit, že bude řešení probíhat na základě první formy. Časové plány budou tedy o polovinu sníženy pouze těm činnostem, které jsou součástí kritické cesty projektu. Připomenutí dvou nejdůležitějších výsledků:

- hodnota $T_j^{(0)}$: 102 dní;
- hodnota $T_j^{(1)}$: 153 dní.

5.5 Kalkulace ekonomických přínosů

Zjištění finanční úspory má pouze předběžný charakter, protože se jedná o hodnocení před zahájením realizace projektu.

Pro určení hodnoty proměnné E je zapotřebí vybrané nákladové faktory přibližně ocenit. Toto ocenění je vidět níže, viz tabulka 2.

Tab. 2: Oceněné nákladové faktory, které jsou ovlivnitelné časovým posunem

Název nákladového faktoru	Přibližná hodnota nákladového faktoru (v tis. Kč)
Pracovní síla	900
Zařízení staveniště	200
Pronájem hmotného majetku	400
Pronájem nehmotného majetku	100
Celkem	1 600

Po dosazení do výše uvedeného vzorce (11) pro výpočet finanční úspory ($FÚ$) dosažené pomocí aplikace nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu dostaneme následující rovnici:

$$FÚ = \frac{1}{4} (1\,600\,000 - 160\,000)$$

$$FÚ = 360\,000 \text{ Kč}$$

Pokud by teoreticky nedošlo k vyčerpání ani jednoho dne z nárazníku, mohla by být časová úspora 50%. Potom by rovnice (11) vypadala následovně:

$$FÚ = \frac{1}{2} (E - 0,1E)$$

$$FÚ = \frac{1}{2} (1\,600\,000 - 160\,000)$$

$$FÚ = 720\,000 \text{ Kč}$$

Nicméně je úspora 50%, tedy situace, že by nebyl vyčerpán ani jeden den z nárazníku, velmi málo pravděpodobná. Lze proto na základě subjektivní pravděpodobnosti konstatovat, že je aplikací nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu dosaženo finanční úspory v přibližné hodnotě 360 000 Kč.

Pro ilustraci bude přibližná finanční úspora srovnána s přibližnou hodnotou celé výstavby rodinného domu. Pro stanovení hodnoty celé výstavby bude zapotřebí ocenit všechny činnosti, které byly definovány v zadávací tabulce projektu. Toto ocenění je zobrazeno níže, viz tabulka 3.

Tab. 3: Oceněné činnosti řešeného stavebního projektu

Označení činnosti	Název činnosti	Přibližná cena (tis. Kč) ⁷
A	Rozhodnutí o výstavbě	100
B	Administrativní úkony	40
C	Výroba střešní krytiny	120
D	Základy	750
E	Zajištění vodovodních a energetických inženýrských sítí	70
F	Příprava materiálu na obvodové a nosné zdivo	40
G	Hydroizolace spodní stavby, zásypy, izolační přízdívka	80
H	Dokončení spodní stavby	40
I	Obvodové a nosné zdivo 1PP	630
J	Strop 1PP + věnce	270
K	Obvodové a nosné zdivo 1NP	650
L	Strop 1NP + věnce (včetně dokončení zastřešení)	380
M	Elektroinstalace a vodoinstalace	90
N	Osazování oken a zárubní + klempířské práce	110
O	Vnitřní omítky	40
P	Vnější omítky	70
Q	Úklidové a dokončovací práce	30
	Přibližná celková cena	3510

Přibližná hodnota celé výstavby rodinného domu je 3 510 000 Kč. Finanční úspora, která byla aplikací navrhovaného nástroje pro optimalizaci časových plánů projektu dosažena, tedy 360 000 Kč, je proto rovna cca 10,26% celkové hodnoty výstavby.

6 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Přehledné srovnání výsledků na základě exaktně hodnotitelných kritérií je uvedeno níže, viz tabulka 4.

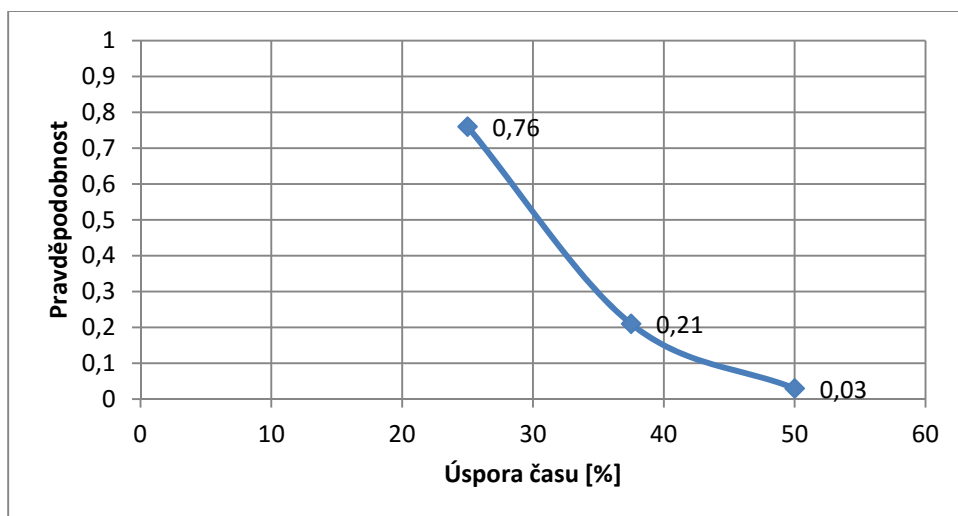
Tab. 4: Srovnání výsledků klasického a alternativního řešení

Řešení	Nejdříve možné a nejpozději přípustné ukončení projektu [dny]	Úspora časová [%]	Finanční náklady [tis. Kč]	Úspora finanční [tis. Kč]
Klasické	204; 204	0	3 510	0
Alternativní	102; 153	25 – 50	3 150 – 2 790	360 – 720

⁷ Cenový odhad každé položky zahrnuje jednak cenu jejího materiálu, jednak náklady vynaložené na její realizaci.

Jak již bylo naznačeno, každá časová úspora může být aplikací optimalizačního nástroje dosažena s jinou pravděpodobností. Pro ilustraci pravděpodobnosti jednotlivým úsporám přiřazeny byly. Proces přiřazování pravděpodobností byl realizován pomocí jedné z metod skupinového rozhodování spadající do kategorie expertních odhadů. Konkrétně šlo o metodu Delphi⁸.

Níže je uveden graf, který zobrazuje rozdělení pravděpodobnosti výsledků vzešlých z alternativního řešení, viz obrázek 1.



Obr. 1: Rozdělení pravděpodobnosti výsledků vzešlých z alternativního řešení

Na obrázku 1 je vidět, že rozdělení pravděpodobnosti výsledků vzešlých z alternativního řešení má tvar exponenciálního rozdělení. Toto rozdělení pravděpodobnosti odpovídá hodnotám, které vzešly z expertního odhadování. Jedná se o hodnoty pravděpodobností přiřazené jednotlivým úsporám dosaženým pomocí alternativního řešení, viz tabulka 5.

Tab. 5: Pravděpodobnosti přiřazené jednotlivým úsporám dosaženým alternativním řešením

Dosažená časová úspora [%]	Dosažená finanční úspora [tis. Kč]	Přiřazená pravděpodobnost realizace
25	360	0,76
37,5	540	0,21
50	720	0,03

Je zapotřebí poznamenat, že hodnota finanční úspory odpovídající střední variantě úspory časové, tedy 37,5 %, byla dosažena opět dosazením do rovnice (11).

Z výsledků vyplývá, že je výsledná finanční úspora závislá na předpokládané úspoře časové. Hodnota časové úspory U , tedy koeficient, na kterém je hodnota finanční úspory závislá, se bude vždy pohybovat v intervalu $[R, 0]$. Při standartním zvolení hodnot 0 a R , dle doporučení TOC, se jedná o interval $[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$. Vzhledem k pravděpodobnosti časového průběhu realizace stavebního projektu lze očekávat, že bude hodnota úspory U vždy směřovat k hodnotě $\frac{1}{4}$.

⁸ Z kapacitního důvodu článku nemůže být proces přiřazování pravděpodobností jednotlivým úsporám, který byl realizován expertními odhady, popsán podrobněji.

7 ZÁVĚR

Cílem příspěvku bylo ověření možnosti aplikace modifikovaného optimalizačního nástroje TOC pro zvýšení pravděpodobnosti dokončení stavební zakázky ve stanoveném termínu a dosažení tak časové a finanční úspory výstavby. Hlavní výsledky a výstupy, které jsou v příspěvku uvedeny, korespondují se stanoveným cílem. Základním výstupem a přínosem příspěvku je tedy modifikace optimalizačního nástroje TOC pro potřeby plánování a řízení stavebního projektu a následné ověření jeho aplikovatelnosti. Byly stanoveny tři základní body modifikace nástroje. Jsou jimi:

- zjištění a popsání dvou forem aplikace nástroje,
- stanovení účelové funkce pro určování ekonomického dopadu nástroje,
- vymezení podmínek jeho aplikace souvisejících s realizací výstavby.

V příspěvku byly posléze první dva body rozpracovány. Byly tedy popsány dvě objevené formy aplikace nástroje a stanovena účelová funkce. Nově uvedené souvislosti byly ověřeny při aplikaci optimalizačního nástroje TOC na konkrétním příkladu.

Význam příspěvku v kontextu budoucího vývoje spočívá především ve vytvoření výchozí pozice pro další zkoumání aplikovatelnosti nástroje TOC pro optimalizaci časových plánů při řízení stavebního projektu, a jeho následné ověřování v praxi.

LITERATURA

- [1] ASHLAG, Y. *TOC Thinking: Removing Constraints for Business Growth*. 1st ed. United States of America : North River Press Publishing Corporation, 2014. 118 pp. ISBN 978-0-88427-270-0.
- [2] BASL, J. & MAJER P. & ŠMÍRA M. *Teorie omezení v podnikové praxi: Zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. 1st ed. Praha: Grada Publishing, 2003. 216 pp. ISBN 80-247-0613-X.
- [3] COX, J. F. & SPENCER M. S. *The Constraints Management Handbook*. 1st ed. Boca Raton: St. Lucie Press, 2000. 318 pp. ISBN 1-57444-060-8.
- [4] CROUCHY, M. & GALAI D. & MARK R. *The Essential of Risk Management*. 1st ed. United States of America: McGraw-Hill Education, 2014. 618 pp. ISBN 978-0-07-182115-5.
- [5] FIALA, P. *Řízení projektů*. 3rd ed. Praha : Oeconomia, 2014. 186 pp. ISBN 978-80-245-2061-2.
- [6] GOLDRATT, E. M. *Kritický řetěz*. 1st ed. Praha: InterQuality, 1999. 199 pp. ISBN 80-902770-0-4.
- [7] MENCL, V. & NOVÁK J. *Řízení jakosti ve stavebnictví*. 1st ed. Praha: ŠEL, 2002. 156 pp. ISBN 80-86426-12-2.
- [8] OLERÍNY, M. *Řízení Stavebních projektů. Claimový management*. 1st ed. Praha: C. H. Beck, 2005. 204 pp. ISBN 80-7179-888-6.
- [9] PRITCHARD, C. L. *Risk Management: Concepts and Guidance*. 5th ed. United States of America: CRC Press, 2014. 474 pp. ISBN 978-14-8225-845-5.
- [10] AMEIR, O. Systemic way of risk management in construction companies in the Czech Republic. In *CER - International Scientific Conference for Ph.D. students of EU countries*. London: CER Comparative European Research, 2014, pp. 68-71. ISBN 978-0-9928772-0-0.